

542,218

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
8. Juli 2004 (08.07.2004)

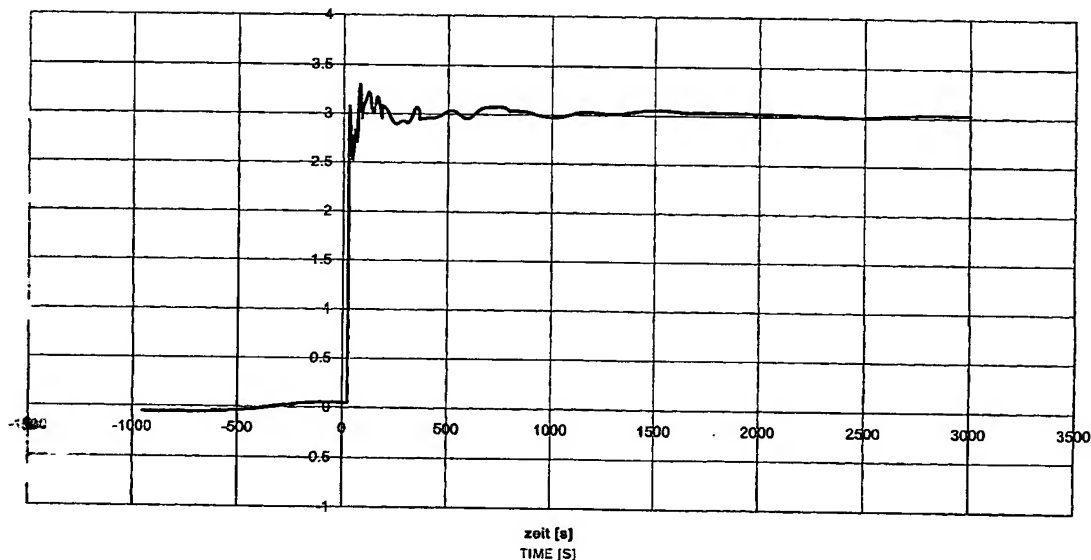
PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2004/057275 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: G01D 3/032 (74) Anwälte: KARAKATSANIS, Georgios, usw.;  
Franziskanerstrasse 38, 81669 München (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/004147
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
16. Dezember 2003 (16.12.2003) (81) Bestimmungsstaaten (*national*): AU, BR, CA, CN, CU,  
GE, HR, HU, IL, IN, JP, KR, MX, NO, PL, RU, SG, UA,  
US, ZA.
- (25) Einreichungssprache: Deutsch (84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent (AT,  
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,  
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
102 59 719.7 19. Dezember 2002 (19.12.2002) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): CS CLEAN SYSTEMS AG [DE/DE]; Fraunhofer-  
strasse 4, D-85732 Ismaning (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): WIECHERS, Joachim  
[DE/DE]; Pasinger Strasse 37, D-82152 Planegg (DE).
- Veröffentlicht:  
— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu ver-  
öffentlichen nach Erhalt des Berichts
- Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-  
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-  
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der  
PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: METHOD FOR MINIMISING THE ERROR OF A MEASURABLE QUANTITY

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR MINIMIERUNG DES FEHLERS EINER MESSGRÖSSE



(57) Abstract: The invention relates to a method for minimising the error of a measurable quantity, in particular a measured signal by filtering with the aid of a variable bandwidth filter. The inventive method consists in adjusting the bandwidth on the base of a physical criterion inherent to said method in such a way that signal modifications related to noise are recognisable as soon as possible.

(57) Zusammenfassung: Im Rahmen des Verfahrens zur Minimierung des Fehlers einer Messgröße, insbesondere eines zu messenden Signals mittels Filterung mit variabler Bandbreite, wird die Bandbreite anhand eines Verfahrensimmanenten physikalischen Kriteriums derart geregelt, dass nicht rauschbedingte Signaländerungen frühestmöglich erkannt werden.

WO 2004/057275 A2

Verfahren zur Minimierung des Fehlers einer Messgröße

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Minimierung des Fehlers einer Messgröße gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Üblicherweise weisen Messsignale neben dem Informationsanteil einen Rauschanteil auf. Üblicherweise wird die Rauschamplitude bzw. der Rauschanteil eines Messsignals durch Tiefpassfilterung auf Kosten der Responsezeit reduziert.

Aus diesem Grunde ist es erforderlich, beim Bewerten eines Messsignals im allgemeinen einen Kompromiss zwischen kleiner Rauschamplitude und kurzer Responsezeit zu finden.

Nach dem Stand der Technik werden oft Filter mit fester hoher Bandbreite eingesetzt, welche eine kurze Responsezeit aufweisen; derartige Filter weisen aber eine hohe Rauschamplitude auf. Andererseits kann durch die Verwendung von Filtern mit fester niedriger Bandbreite die Rauschamplitude reduziert werden, allerdings, wie bereits erwähnt resultiert diese Vorgehensweise in einer längeren Responsezeit.

Wenn also neben einer kurzen Responsezeit eine geringe Rauschamplitude erwünscht ist, dann ist ein Filter mit fester Bandbreite, wie es der Stand der Technik lehrt, nicht geeignet.

Des weiteren sind nach dem Stand der Technik Verfahren zur Fehlerminimierung bekannt, welche auf einer Steuerung der

Bandbreite anhand fest vorgegebener Werte basieren. Hierbei können die Resultate nur für einen bestimmten Bereich des Signals optimal sein.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Minimierung des Fehlers einer Messgröße, insbesondere eines zu messenden Signals anzugeben, welches die Nachteile des Standes der Technik vermeidet. Insbesondere soll eine hinsichtlich des Rauschens und der Responsezeit optimale Signalausgabe gewährleistet werden.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Weitere Ausgestaltungen und Vorteile gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Demnach wird ein Verfahren zur Minimierung des Fehlers einer Messgröße, insbesondere eines zu messenden Signals, mittels Filterung mit variabler Bandbreite vorgeschlagen, bei dem nicht rauschbedingte Signaländerungen, also Änderungen des Informationsanteils des Signals frühestmöglich erkannt werden, wobei erfindungsgemäß die Bandbreite anhand eines verfahrensimmanenten physikalischen Kriteriums geregelt wird.

Bevorzugterweise wird gemäß der Erfindung die Bandbreite derart geregelt, dass die Variation des Mess-Signals ein vorgegebenes Vielfaches des intrinsischen Rauschens des Messwertgebers gerade nicht übersteigt; die Bandbreitenregelung erfolgt vorzugsweise durch Auswahl des geeigneten Filters aus einer Filterbank, welche eine Parallelschaltung oder eine Serienschaltung von Filtern sein kann.

Des weiteren ist es möglich, die Filterung in einem Rechner durchzuführen, so dass keine Filterhardware benötigt wird. Für ein in einem Rechner implementiertes Verfahren kann sich eine Serienschaltung als vorteilhaft erweisen, da die Ausgabedaten eines Filters zur Berechnung der Ausgabedaten des nächstliegenden Filters mit niedrigerer Bandbreite verwendet werden können. Hierbei kann eine Datenratenreduzierung stattfinden, welche erheblich Rechenzeit und Speicherplatz spart. Dahingegen liefert bei einer hardwarebasierten Lösung eine Parallelschaltung die schnellsten Resultate, da bei einer Serienschaltung die Gruppenlaufzeiten (also die Responszeiten) der Filter addiert werden müssen.

Hierbei wird das intrinsische Rauschen aus der bekannten spektralen Rauschleistungsdichte des Messwertgebers und der Bandbreite des jeweiligen Filters berechnet; in vorteilhafter Weise wird als Variation des Messsignals die Differenz des betrachteten Filterausgangs zu einer noch stärker bandbreitenbegrenzten Version des Signals betrachtet.

Es ist insbesondere vorgesehen, dass ausgehend von einem Filter höchster verfügbarer Bandbreite immer kleinere Bandbreiten betrachtet werden, bis, wie bereits erläutert, die jeweilige Variation des Messsignals größer ist als das zugehörige intrinsische Rauschen des Messwertgebers. Ausgewählt und zur Anzeige verwendet wird der Filter mit der niedrigsten Bandbreite für den gilt, dass sowohl bei diesem als auch bei allen Filter mit höherer Bandbreite zu diesem Zeitpunkt die Variation des Messsignals ein vorgegebenes Vielfaches des intrinsischen Rauschens des Messwertgebers nicht übersteigt. Wenn kein Filterausgang

mit dieser Eigenschaft ermittelt werden kann, so wird der Filterausgang mit der höchsten Bandbreite ausgewählt, da dessen Responsezeit am kürzesten ist.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren ist gewährleistet, dass eine nicht rauschbedingte Signaländerung, d.h. eine Variation des Informationsanteils frühestmöglichst erkannt wird, da zum einen der nächst niedrigere Filter eine Variation im Messsignal aufweist, die größer ist als das intrinsische Rauschen, so dass eine nicht rauschbedingte Signaländerung vorliegen muss. Zum anderen kann die Signaländerung nicht früher erkannt werden, da alle Filter höherer Bandbreite so große Variationen aufweisen, dass sie den Informationsanteil des Signals verdecken. Das durch das erfindungsgemäße Verfahren erzielbare frühestmögliche Erkennen einer Änderung im Informationsanteil des Signals ist ein wichtiger Vorteil, beispielsweise bei thermischen Strahlungsdetektoren oder weiteren sicherheitsrelevanten Anwendungen. Des weiteren weist das hier vorgestellte Verfahren den Vorteil auf, dass der Bandbreitenregelung ein physikalisches Kriterium zugrunde liegt.

Im Rahmen einer Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens können anstelle des o.g. Kriteriums ein weniger restriktives Kriterium oder anstatt eines Filters aus der Filterbank eine normierte Linearkombination von zumindest zwei Ausgängen der Filterbank benutzt werden.

Vorzugsweise handelt es sich bei den verwendeten Filtern um Tiefpassfilter.

Das hier vorgestellte Verfahren ist rückkopplungsfrei und bietet eine prinzipbedingte Stabilität.

Die Erfindung wird im folgenden beispielhaft anhand der beigefügten Figuren näher erläutert. Es stellen dar:

Figur 1: Eine Darstellung eines Signals ohne Rauschen als Funktion der Zeit, d.h. eine Darstellung des Informationsanteils des Signals; in allen weiteren Figuren beträgt die spektrale Rauschleistungsdichte der Messsignale immer  $1/\text{Sqrt}(\text{Hz})$ ;

Figur 2: Eine Darstellung des Signals gemäß Figur 1 mit Rauschen als Funktion der Zeit, wobei das Signal durch einen Filter mit einer Bandbreite von 25 MHz geführt wurde;

Figur 3: Eine Darstellung des Signals gemäß Figur 1 mit Rauschen als Funktion der Zeit, wobei das Signal durch einen Filter mit einer Bandbreite von 3 MHz geführt wurde;

Figur 4: Eine Darstellung des Signals gemäß Figur 1 mit Rauschen als Funktion der Zeit, wobei das Signal durch einen Filter mit einer Bandbreite von 0,4 MHz geführt wurde;

Figur 5: Eine Darstellung des Fehlersignals für das Signal gemäß Figur 3;

Figur 6: Eine Darstellung des Fehlersignals mit gesteuerter Bandbreite gemäß der Erfindung;

Figur 7: Eine Darstellung eines exemplarischen Entscheidungsvorganges mit zwei Filtern gemäß der Erfindung;

Figur 8: Eine Darstellung eines exemplarischen Entscheidungsvorganges mit mehreren Filtern gemäß der Erfindung; und

Figur 9: Eine Darstellung des Ausgangssignals bei gesteuerter Bandbreite gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren.

In Figur 1 ist der idealisierte Fall eines Signals ohne Rauschen dargestellt. Das Signal führt zum Zeitpunkt  $t = 0$  einen Sprung von 0 auf 3 aus und bleibt dann konstant.

Eine realistische Darstellung liefern die Figuren 2, 3 und 4. Hierbei wird das Signal aus Bild 1 mit Rauschen bei verschiedenen Bandbreiten dargestellt, wobei zu diesem Zweck das Signal durch Tiefpässe mit verschiedenen Bandbreiten geschickt wird. Die Bandbreiten sind 25 MHz für Figur 1, 3 MHz für Figur 3 und 0.4 MHz für Figur 4. Wie den Figuren 2, 3 und 4 zu entnehmen ist, weist das Signal mit höherer Bandbreite eine höhere Rauschamplitude auf; andererseits wird der Sprung bei  $t = 0$  schneller dargestellt.

In Figur 5 ist das Fehler-Signal für eine Bandbreite von 3 MHz dargestellt. Das Fehler-Signal ist die Differenz zwischen dem Informationsanteil, hier gemäß Figur 1, und dem Messsignal hinter einem Tiefpass (hier mit einer Bandbreite von 3 MHz gemäß Figur 3). Vom Zeitpunkt  $t = 0$  bis zur Responsezeit des Tiefpassfilters entspricht der Fehler der vollen Höhe des Sprungs; die Responsezeit des Tiefpassfilters beträgt in diesem Fall ca. 130 s. Dies bedeutet, dass die schnelle bzw. signifikante Signaländerung (d.h. der Sprung) erst nach ca. 130 Sekunden erkannt wird. Anschließend wird, wie aus Figur 3

ersichtlich, das Fehler-Signal durch das Rauschen dominiert, welches für die Bandbreite des Filters charakteristisch ist.

Gemäß der Erfindung kann ein Signal erzeugt werden, das einen kleineren Fehler aufweist, als der exemplarische 3 mHz Filter, indem für Zeiten kurz bzw. unmittelbar nach dem Sprung ein Filterausgang mit höherer Bandbreite und für spätere Zeitpunkte ein Filterausgang mit niedriger Bandbreite betrachtet wird. Auf diese Weise werden die Vorteile hoher und niedriger Bandbreite in vorteilhafter Weise kombiniert.

Beispielsweise kann (im Rahmen des hier gezeigten Beispiels) für Zeitpunkte bis zu  $t = 200$  s ein Filter mit höherer Bandbreite als 3mHz eingesetzt werden, der zwar eine höhere Rauschamplitude als der 3mHz Filter aber eine kürzere Responsezeit aufweist, so dass der Fehler insgesamt geringer ist. Für Zeitpunkte über  $t = 1000$  s kann bevorzugterweise ein Filter mit niedriger Bandbreite als 3 mHz verwendet werden, der, wie bereits erläutert, eine geringere Rauschamplitude als der 3 mHz Filter aufweist. Somit ist der daraus resultierende Fehler geringer als der Fehler bei Verwendung eines 3mHz Filters, wenn der Informationsanteil konstant bleibt bzw. keine schnelle Veränderung eintritt, so dass kein Fehler mehr durch die lange Responsezeit des Filters mit niedriger Bandbreite zu erwarten ist.

Dies wird in Figur 6 verdeutlicht. Hierbei zeigt Kurve A das „verbesserte“ Fehler-Signal, welches aus der erfindungsgemäßen geregelten Bandbreite resultiert. Zum Vergleich ist das Fehler-Signal, welches der Verwendung



eines 3mHz Filters entspricht, als Kurve B dargestellt. Des weiteren wird anhand der Kurve C, welche der rechten Y-Achse zugeordnet ist, die jeweils verwendete Bandbreite (in mHz) des Filters, welcher zur Anzeige kommt, veranschaulicht. Demnach werden Bandbreiten mit Werten zwischen 25 mHz und 0,75 mHz verwendet. Das durch die vorliegende Erfindung gewonnene Signal zeigt einen Fehler, der im Intervall  $t = 360s$  bis  $t = 800s$  dem Fehler des 3mHz Filters entspricht. In den anderen Bereichen ist der Fehler erheblich geringer.

Erfindungsgemäß wird die Bandbreite derart geregelt, dass die Variation des betrachteten Signals ein vorgegebenes Vielfaches des intrinsischen Rauschens des Messwertgebers gerade nicht übersteigt. Zur Regelung der Bandbreite der Filter wird vorzugsweise wie folgt vorgegangen: Es wird der betragsmäßige Abstand des betrachteten Filterausgangs zu einem zweiten Filterausgang mit niedrigerer Bandbreite bewertet. Dies bedeutet, dass der zweite Filter mit niedrigerer Bandbreite für den betrachteten Filter das Messsignal ohne Rauschen darstellt. Wenn der Abstand zwischen dem betrachteten Filterausgang und dem zweiten Ausgang des Filters mit niedrigerer Bandbreite so klein ist, dass der Abstand als statistisches Rauschen des betrachteten Filterausgangs interpretierbar ist, dann kann der betrachtete Filter zur Anzeige herangezogen werden. Ein solcher Filter soll im weiteren ein erlaubter Filter genannt werden.

Wenn der Abstand zwischen dem betrachteten Filterausgang und dem zweiten Ausgang des Filters mit niedrigerer Bandbreite so groß ist, dass er nicht als statistisches Rauschen interpretierbar ist, dann wird eine signifikante

Änderung des Informationsanteils erkannt. Dieser Filter ist kein erlaubter Filter. Dies hat die Verwendung eines Filters mit höherer Bandbreite zur Folge, da in diesem Fall eine geringe Responsezeit den Fehler minimieren wird. Für die Durchführung des Verfahrens werden mindestens drei Filter mit unterschiedlicher Bandbreite benötigt.

Als Schwellenwert für den betragsmäßigen Abstand des betrachteten Filterausgangs zu einem Filterausgang niedrigerer Bandbreite wird ein Vielfaches der Standardabweichung  $\sigma$  des intrinsischen Rauschens des Messwertgebers verwendet, wodurch der Signalbewertung ein messanordnungsinhärentes physikalisches Kriterium zugrunde liegt. Dadurch wird vermieden, dass ein Filter aufgrund beliebiger bzw. außerhalb der Messanordnung generierter Parameter ausgesucht wird und somit zur Anzeige kommt. Wenn der Abstand zwischen dem betrachteten Filterausgang und einem Filterausgang niedrigerer Bandbreite innerhalb des Sollintervalls liegt, dann entspricht dieser Abstand dem statistischen Rauschen des betrachteten Filterausgangs.

Ein exemplarischer derartiger Entscheidungsvorgang ist in Figur 7 veranschaulicht. Kurve A zeigt das aus einem 3 mHz Filter gewonnene Signal und Kurve B das aus einem 1.6 mHz Filter gewonnene Signal; die Kurven C und D stellen ein Band um das Signal des 1.6 mHz Filters dar. Dieses Band entspricht  $\pm 5 \sigma$  des intrinsischen Rauschens des 3 mHz Signals, so dass die Wahrscheinlichkeit, dass bei konstantem Informationsanteil das 3 mHz Signal das Band verlässt, vernachlässigbar klein ist. Gemäß der Erfindung ist es möglich, um den Einfluss des Rauschens des Filters geringerer Bandbreite zu eliminieren, nur die obere, unabhängige Hälfte des Rauschspektrums zu betrachten.

Die Kurve E stellt den Verlauf eines logischen Signals dar, welches anzeigt, wann der betragsmäßige Abstand des 3 MHz Signals zu dem 1.6 MHz Signal kleiner ist, als  $5 \sigma$  des 3 MHz Signals. Dieses logische Signal ist somit das Signal, welches anzeigt, ob und wann ein betrachteter Filter ein erlaubter Filter ist und zur Anzeige herangezogen werden kann.

Wie Figur 7 zu entnehmen ist, verlässt im Intervall  $t = 70$  s bis  $t = 360$  s das 3 MHz Signal das  $5 \sigma$  Band um das 1.6 MHz Signal. Das bedeutet, dass gemäß der Erfindung das 3 MHz Signal zwischen  $t = 70$  s und  $t = 360$  s nicht zur Anzeige dienen kann, da der Abstand zwischen dem betrachteten Filterausgang und dem Ausgang des Filters mit der niedrigeren Bandbreite von 1.6 MHz so groß ist, dass er nicht als statistisches Rauschen interpretierbar ist.

Figur 8 stellt das Verfahren für mehrere Filter unterschiedlicher Bandbreite beispielhaft dar. Hierbei betragen die Bandbreiten der Filter 25, 12, 6, 3, 1.6 und 0.8 MHz. In der Figur sind die diesen Filtern entsprechenden logischen Signale als Kurven A, B, C, D, E bzw. F eingetragen. Des weiteren ist als Kurve G die Bandbreite des Filters eingetragen (Kurve G ist der rechten Y-Achse zugeordnet), welcher der erlaubte Filter mit der kleinsten Bandbreite ist, wobei auch alle Filter mit höherer Bandbreite ebenfalls erlaubte Filter sind.

Figur 9 zeigt das Ausgangssignal bei gesteuerter Bandbreite gemäß der vorliegenden Erfindung. Aus der Figur ist ersichtlich, dass das angezeigte Signal bei gesteuerter

Bandbreite dem Sprung bei  $t = 0$  schnell folgt; zudem wird mit zunehmender Zeit das Rauschen geringer.

Das hier vorgestellte Verfahren kann beispielsweise bei einer elektronischen Waage angewandt werden, so dass unmittelbar nachdem ein Gewicht auf die Waage gelegt wird, eine brauchbare Anzeige geliefert werden kann. Diese ist zwar noch nicht sehr genau, stellt aber dennoch sofort einen Wert dar, der dem aktuellen Gewicht entspricht und nicht der vorherigen Anzeige. Wenn das Gewicht länger auf der Waage bleibt, dann wird das angezeigte Ergebnis im Laufe der Zeit genauer.

Des weiteren kann das erfindungsgemäße Verfahren zur Anzeige der Signale verwendet werden, die von einer Vorrichtung zur Messung von kleinen Gaskonzentrationen erzeugt werden, wie beispielsweise von einem Photometer mit thermischen Detektoren.

Das erfindungsgemäße Verfahren weist den Vorteil auf, dass der Bandbreitenregelung ein physikalisches Kriterium zugrunde liegt. Wenn die spektrale Rauschleistungsdichte der Signalquelle bekannt ist, dann kann daraus das Abstands-Kriterium für jeden Filter abgeleitet werden. Vorzugsweise wird der Wert  $5 \sigma$  gewählt, andere Werte oder Vielfache von  $\sigma$  sind aber auch denkbar. Somit ist eine willkürliche Schwellwert-Festlegung ausgeschlossen, welche für einen bestimmten Signalverlauf ungeeignet sein kann.

Außerdem wird durch das erfindungsgemäße Verfahren die erforderliche Datenmenge im Vergleich zum Stand der Technik reduziert. Wenn z.B. die zur Anzeige kommenden Signale gespeichert werden, dann sind bei niedriger Bandbreite auch

entsprechend wenig Datenpunkte notwendig. Gemäß der Erfindung werden schnelle Signaländerungen sofort erfasst sofern der Informationsanteil aus dem Rauschen hervortritt. Bei einem sich nur langsam ändernden Informationsanteil werden lediglich wenige Mittelwerte über lange Zeiten gespeichert. Das Verfahren verletzt das Abtasttheorem für Signalanteile die aus dem Rauschen heraustreten nicht. Somit können alle Informationen, die der Messwertgeber vom Signalanteil erfassen kann, auch gespeichert.

Ein weiterer Vorteil des Verfahrens besteht darin, dass es inhärent stabil ist, da keine Rückkopplung stattfindet. Als besonders vorteilhaft erweist sich die Anwendung des Verfahrens für den Fall, dass die spektrale Rauschleistungsdichte des Signals konstant ist und weitgehend unabhängig von der Signalamplitude. Das ist in weiten Bereichen für Signale aus Sensoren der Fall, die keine Quantendetektoren sind, z.B. Dehnmessstreifen, Platin- und Nickel- Thermistoren, NTCs und PTCs, Halbleiter - Temperatursensoren, Thermoelemente, Feldplatten, piezoresistive Sensoren, thermische Strahlungsdetektoren etc. In diesen Fällen ist die Rauschamplitude eine Funktion der Wurzel aus der Bandbreite, so dass sich die Regelung der Bandbreite einfach durchzuführen ist, da in diesem Fall das Abstands-Kriterium besonders einfach ist, da die Rauschamplitude um den Faktor  $a$  kleiner wird, wenn die Bandbreite um den Faktor  $a^2$  reduziert wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Minimierung des Fehlers einer Messgröße, insbesondere eines zu messenden Signals, mittels Filterung mit variabler Bandbreite, dadurch gekennzeichnet, dass die Bandbreite anhand eines verfahrensimmanenten physikalischen Kriteriums derart geregelt wird, dass nicht rauschbedingte Signaländerungen frühestmöglich erkannt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Bandbreite so geregelt wird, dass die Variation des Signals ein vorgegebenes Vielfaches des intrinsischen Rauschens des Messwertgebers gerade nicht übersteigt.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das intrinsische Rauschen aus der bekannten spektralen Rauschleistungsichte des Messwertgebers und der Bandbreite des Filters berechnet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass als Variation des Signals die Differenz des Signals zu einer stärker bandbreitenbegrenzten Version des Signals betrachtet wird.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Rahmen der Bandbreitenregelung die Auswahl des geeigneten Filters aus einer Filterbank erfolgt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass anstelle eines Filters aus der Filterbank eine normierte Linearkombination von zumindest zwei Ausgängen der Filterbank benutzt wird.
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Filterbank eine Parallelschaltung oder eine Serienschaltung von Filtern ist.
8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Filter Tiefpassfilter verwendet werden.
9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der betragsmäßige Abstand des betrachteten Filterausgangs zu mindestens einem weiteren Filterausgang mit niedrigerer Bandbreite betrachtet wird und dass, wenn der Abstand zwischen dem betrachteten Filterausgang und dem Ausgang des mindestens einen Filters mit niedrigerer Bandbreite einen Schwellenwert unterschreitet, der ein vorgegebenes Vielfaches des intrinsischen Rauschens des Messwertgebers ist, der betrachtete Filter zur Anzeige des Signals herangezogen wird, wobei, wenn der Abstand zwischen dem betrachteten Filterausgang und dem Ausgang des mindestens einen Filters mit niedrigerer Bandbreite einen Schwellenwert überschreitet, eine signifikante Änderung des Informationsanteils im Signal erkannt wird und ein Filter mit höherer Bandbreite bzw.

geringerer Responsezeit verwendet wird, dessen Ausgang angezeigt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass zur Anzeige des zu messenden Signals der Filter verwendet wird, welcher die geringste Bandbreite von allen Filtern aufweist, deren Ausgangssignale den Schwellenwert nicht überschreiten.
11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Schwellenwert ein Vielfaches der Standardabweichung des intrinsischen Rauschens des Messwertgebers ist.
12. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11 zur Anzeige der Messwerte von Dehnmessstreifen, PT100-Sensoren, Thermoelementen, piezoresistiven Sensoren oder thermischen Strahlungsdetektoren.



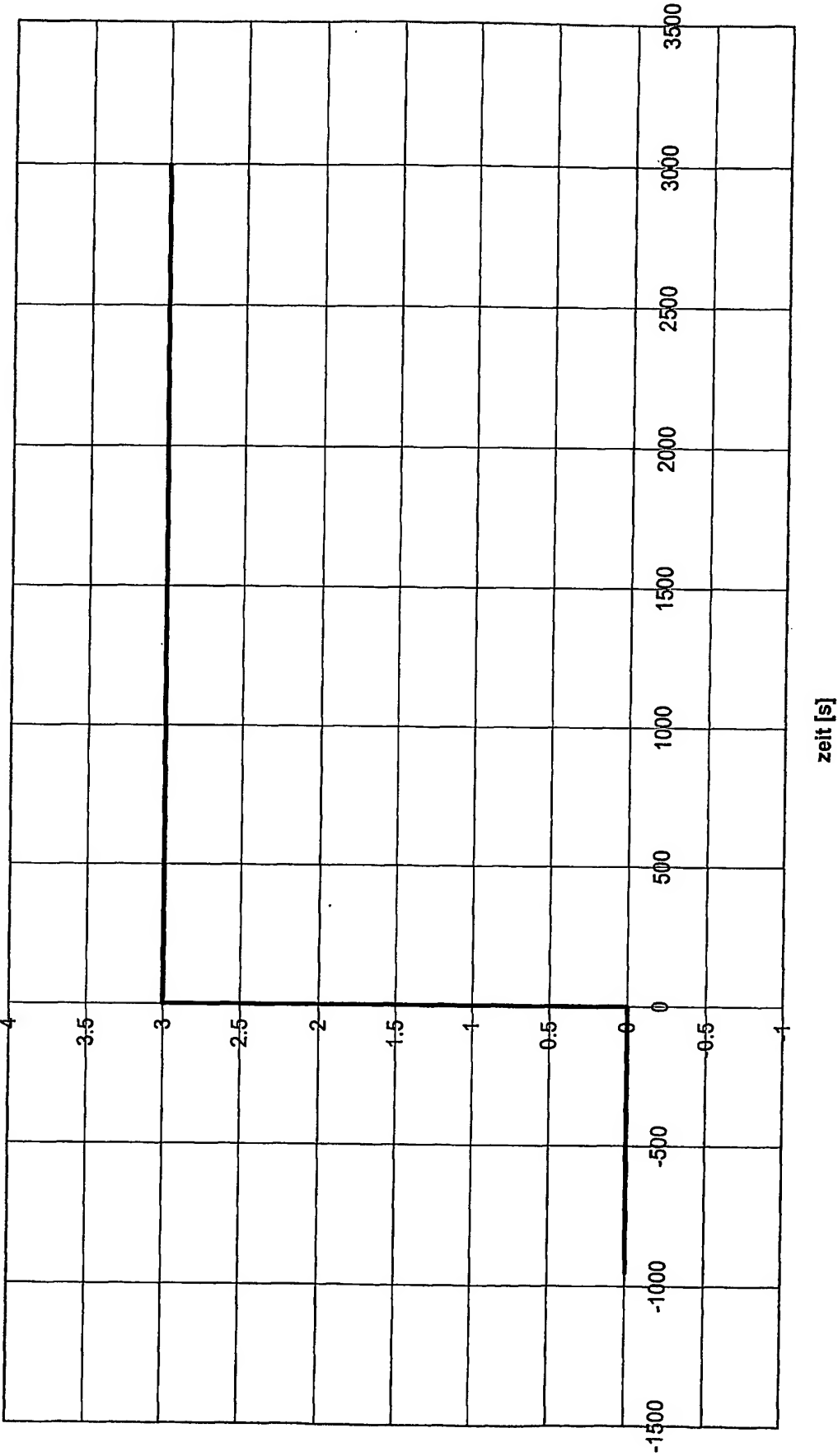


Fig. 1

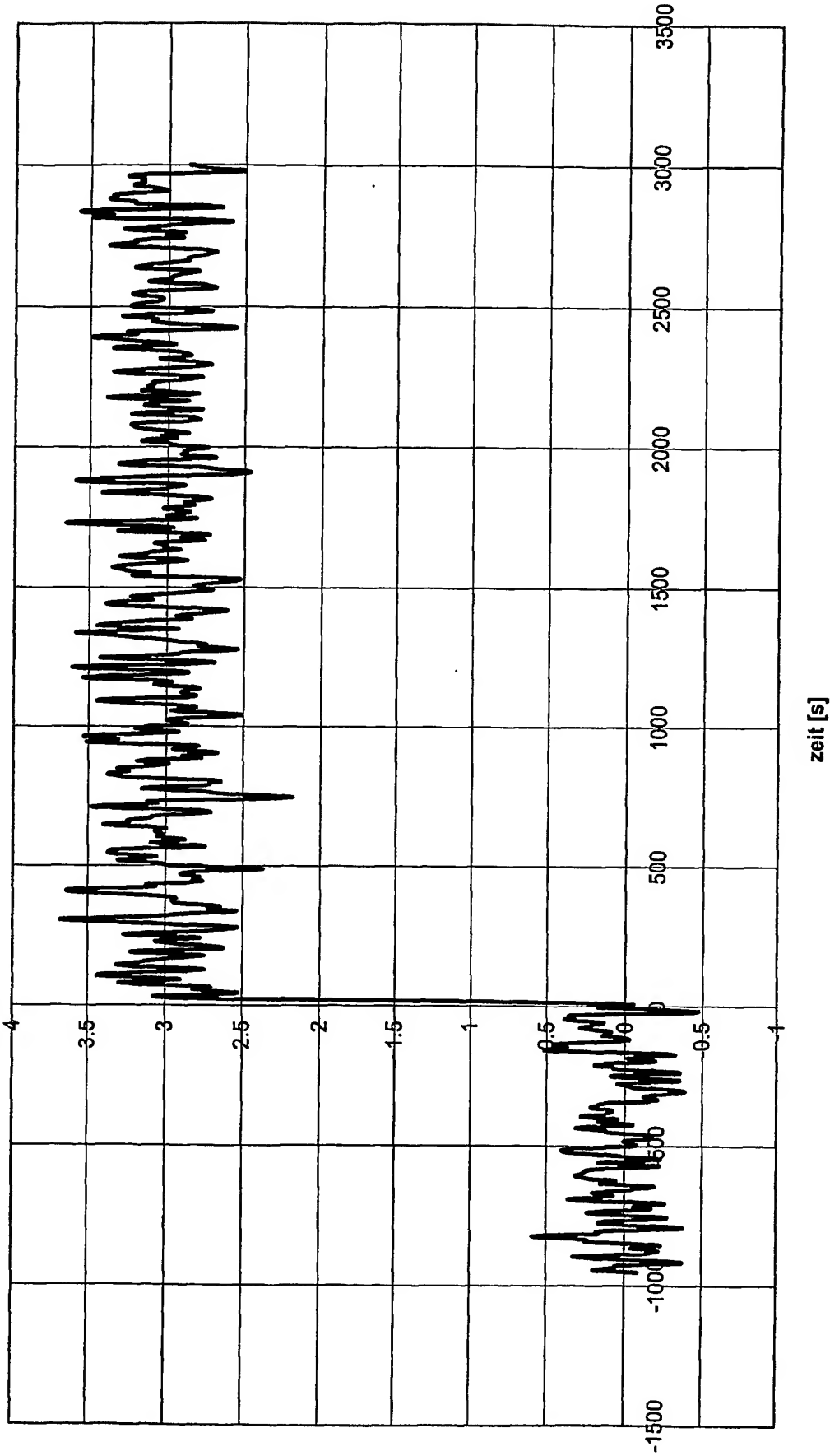


FIG. 2

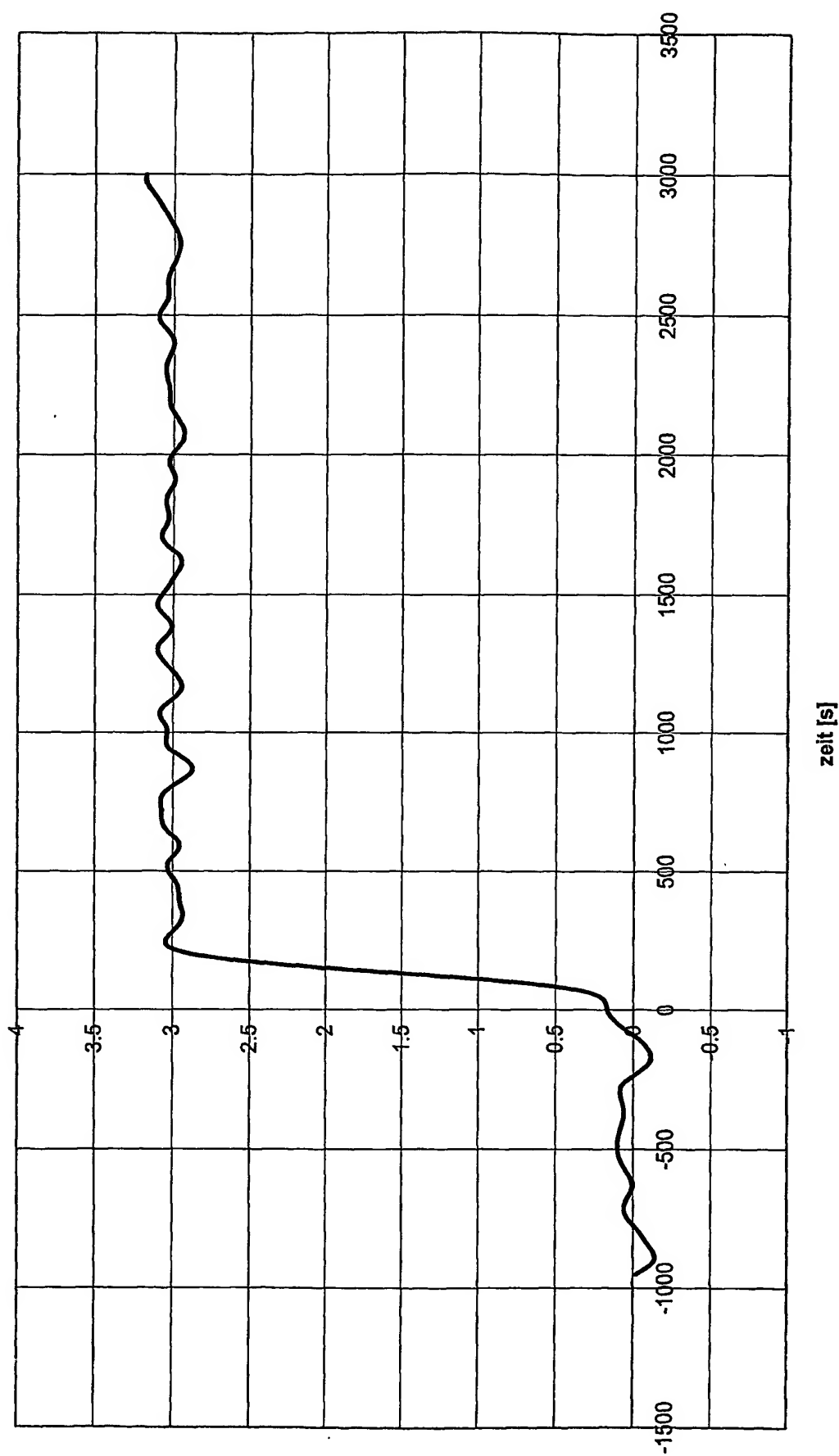


FIG. 3

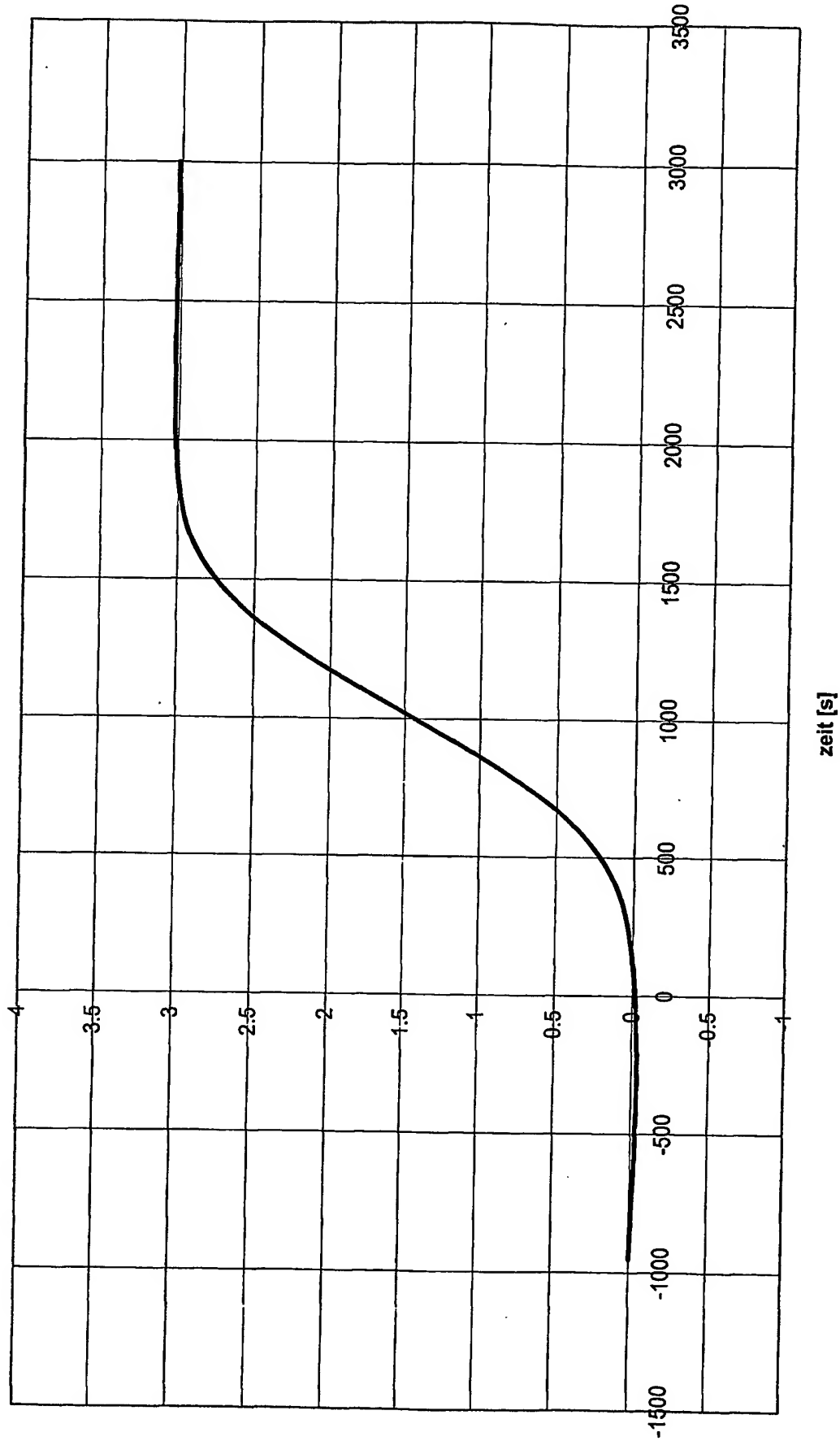


FIG. 4

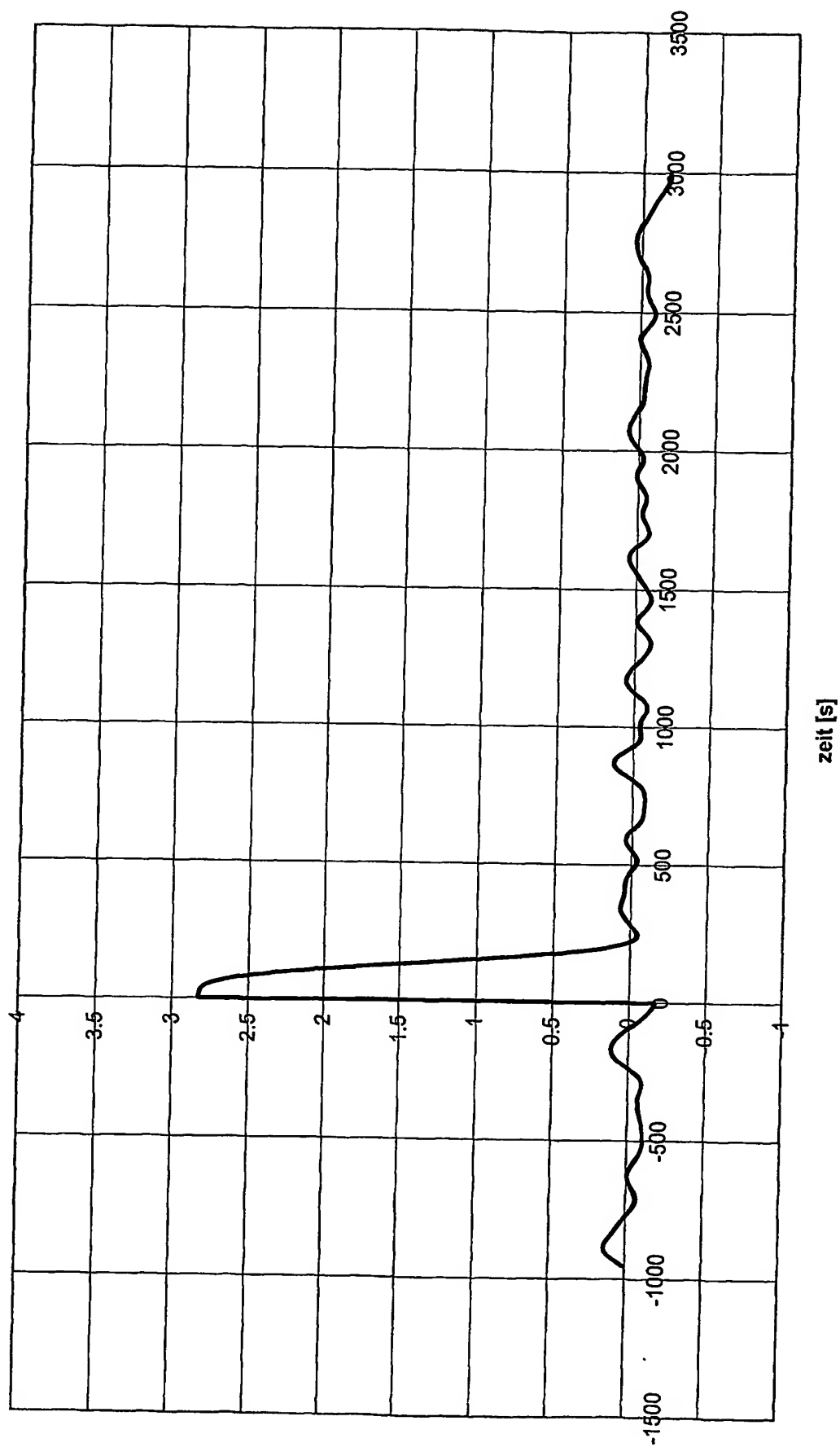


FIG. 5

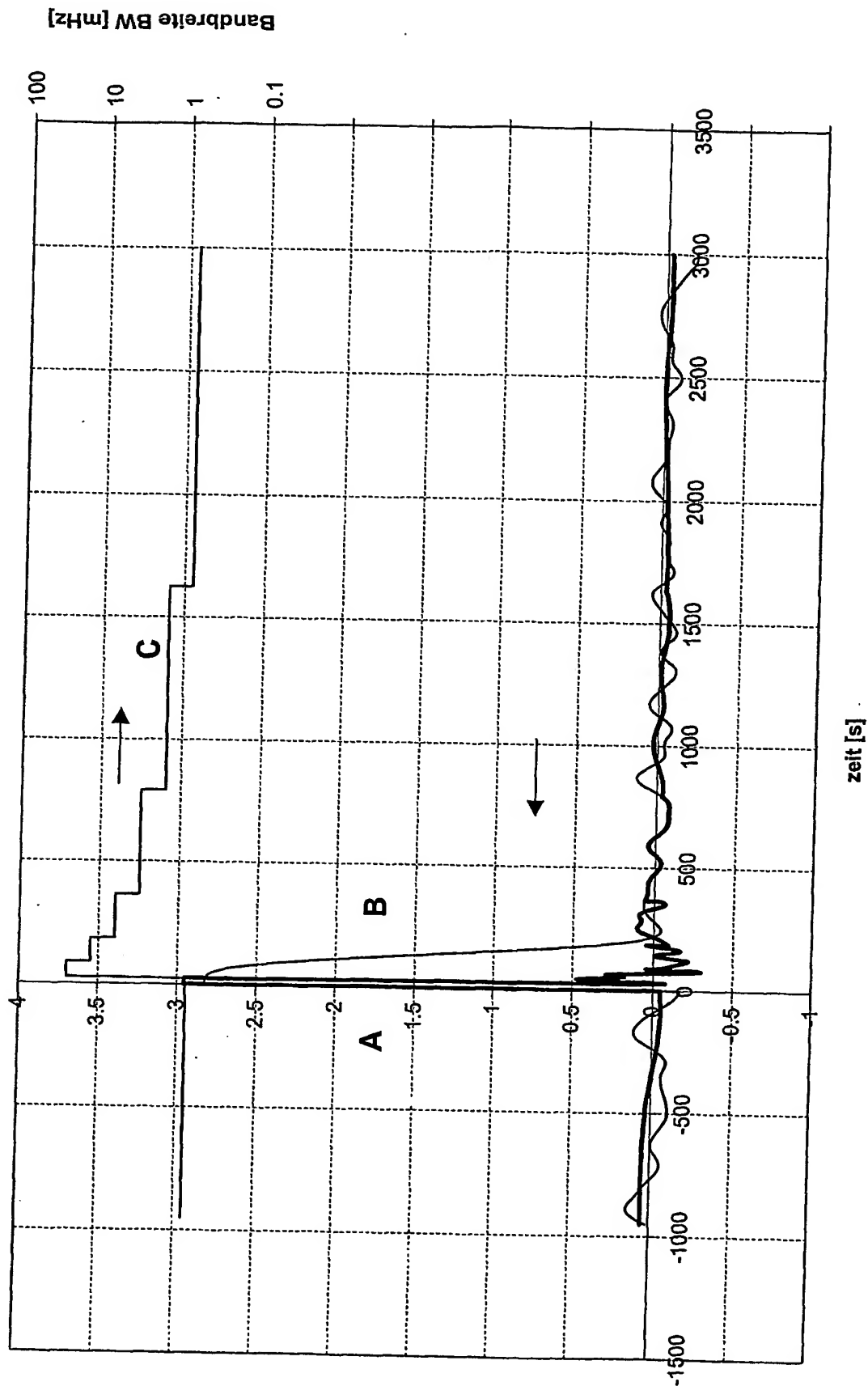


Fig. 6

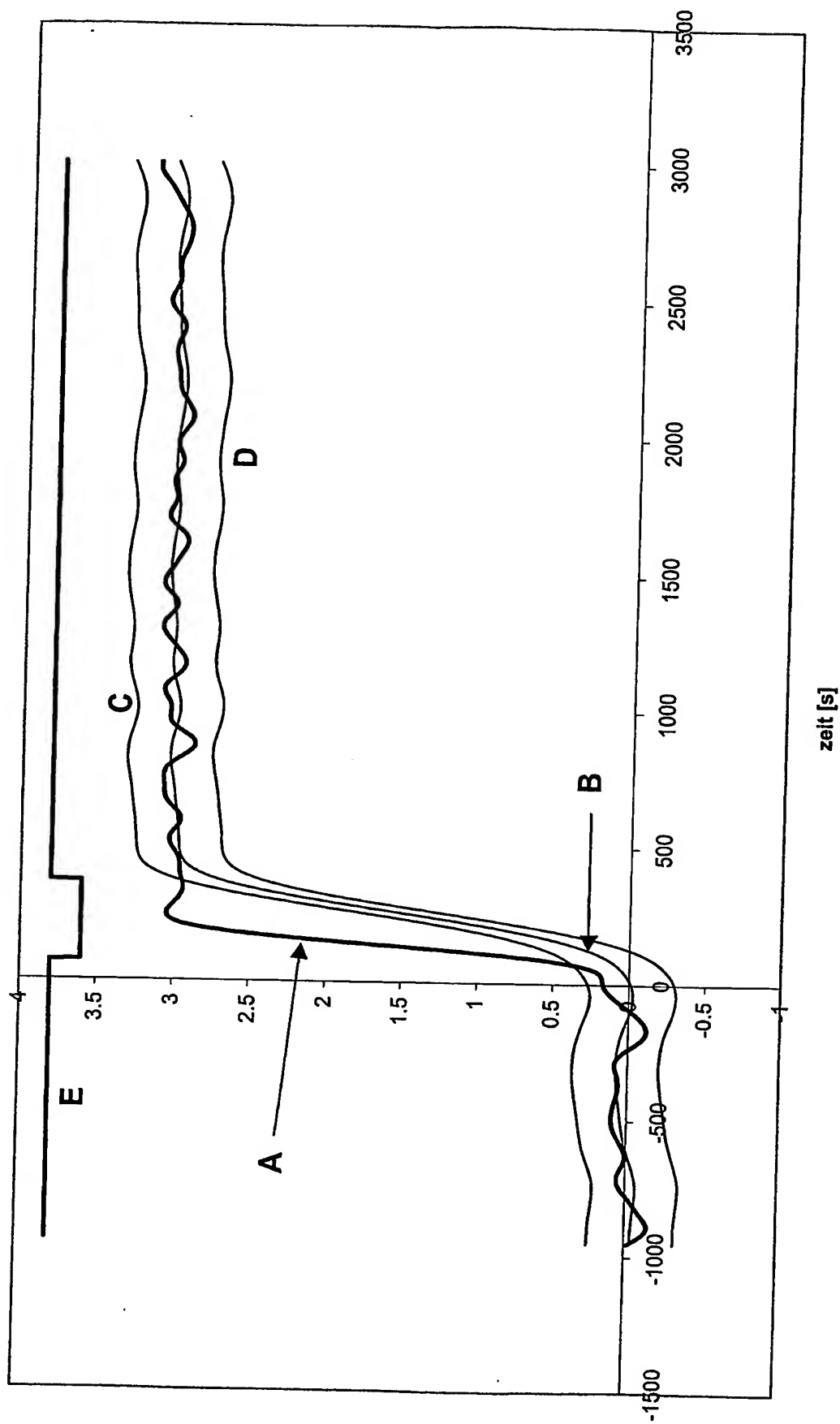


FIG. 7

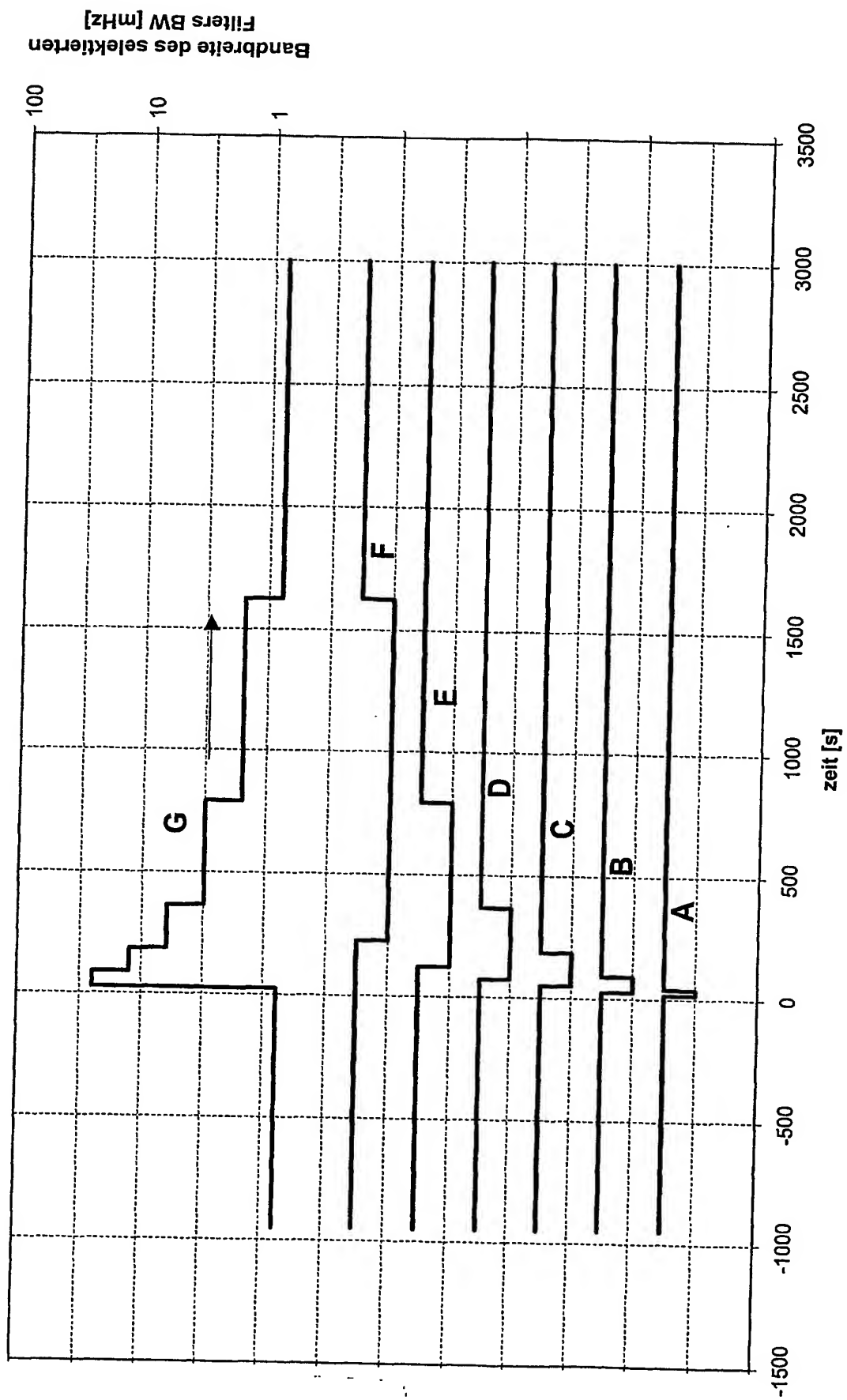
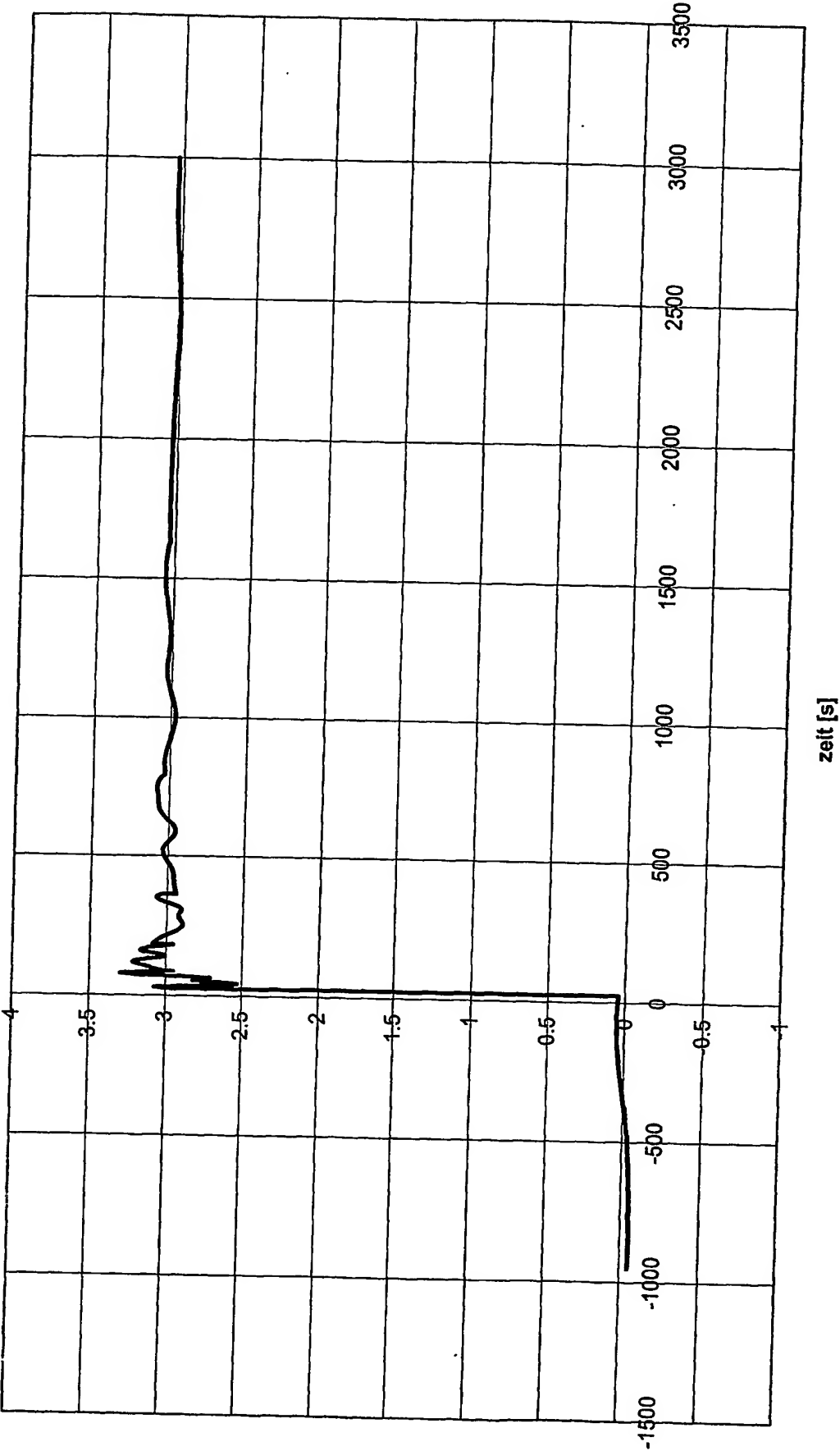


FIG. 8





F16.9